

DELPHION

BEST AVAILABLE COPY

RESEARCH

PRODUCTS

INSIDE DELPHION

Log Out Work Files Saved Searches

My Account

Search: Quick/Number Boolean Advanced Derwent

Help

## The Delphion Integrated View

Get Now: ☒ PDF | [More choices...](#)

Tools: Add to Work File: ☒ Create new Work File ☒ Add

View: INPADOC | Jump to: ☒ Top Go to: Derwent

☒ Email this to a friend

Title: **JP10287921A2: METHOD FOR HEAT TREATING STEEL IN MAGNETIC FIELD**

Derwent Title: Thermo-magnetic reformation of steels - involves performing phase transformation by applying a magnetic field [\[Derwent Record\]](#)

Country: JP Japan

Kind: A

Inventor: SHIMOTOMAI MICHIO;  
MATSUZAKI AKIHIRO;  
KOMEHANA YASUNORI;

Assignee: KAWASAKI STEEL CORP  
[News, Profiles, Stocks and More about this company](#)

Published / Filed: 1998-10-27 / 1997-04-15

Application Number: JP1997000111751

IPC Code: C21D 6/00; C21D 1/04; C22C 38/00;

Priority Number: 1997-04-15 JP1997000111751  
1998-04-13 US1998000058830

Abstract: PROBLEM TO BE SOLVED: To increase the driving force of transformation in a steel, to refine its structure and to advantageously improve its dynamic characteristics to accompany this by subjecting a steel contg. a specified amt. of carbon to heat treatment at the Curie point or below in the magnetic field having a specified gradient.

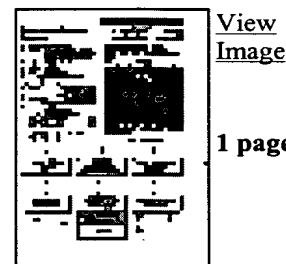
SOLUTION: A steel contg., by mass, 0.01 to 2.0% C is subjected to heat treatment at the Curie point or below to generate transformation. At this time, this heat treatment is executed in the magnetic field having a gradient of 0.1 to 10 T/cm by absolute value and preferably having 1 to 40 T intensity. Furthermore, this heat treatment in the magnetic field is preferably executed while the steel is applied with strains by  $\geq 10^{-4}$  or is executed in such a manner that the steel is moved between a space having a plus field gradient and a space having a minus field gradient one by one. In this way, its transformation from austenitic phases in the magnetic field is promoted to form a fine structure, by which its dynamic characteristics such as tensile strength, elongation, Charpy impact value or the like can be obtd.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

INPADOC Legal Status: None Get Now: [Family Legal Status Report](#)

Family: [Show 2 known family members](#)

Other Abstract Info: CHEMABS 130(01)006072Z CHEMABS 130(01)006072Z CHEMABS 130(17) 225879W DERABS C1999-018575 DERABS C1999-018575



View Image

1 page



[Nominate this](#)

[for the Gallery...](#)

# BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-287921

(43) 公開日 平成10年(1998)10月27日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I
C 2 1 D 6/00		C 2 1 D 6/00 U
1/04		1/04
// C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00 3 0 1 A

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-111751

(22) 出願日 平成9年(1997)4月15日

(71) 出願人 000001258

川崎製鉄株式会社

兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

(72) 発明者 下斗米 道夫

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

(72) 発明者 松崎 明博

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

(72) 発明者 米花 康典

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

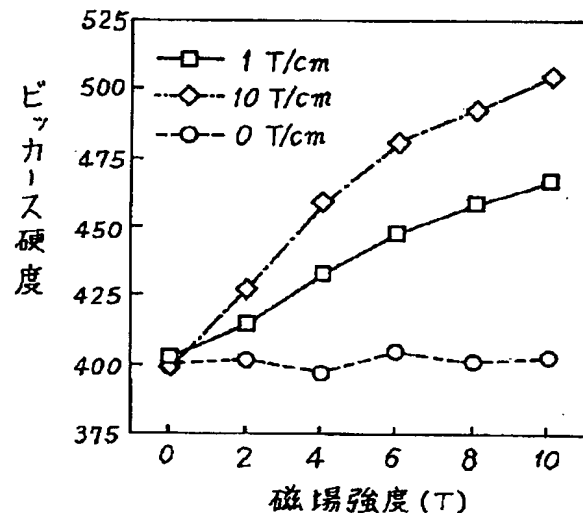
(74) 代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外9名)

(54) 【発明の名称】 鋼材の磁場中熱処理方法

(57) 【要約】

【解決手段】 炭素を0.01~2.0 mass%含有する固相間変態を行う鋼材を熱処理するに際し、キュリー点以下の温度において、絶対値で0.1 T/cm以上 10 T/cm以下の勾配のある磁場中にて変態させる。

【効果】 磁場勾配を付した強磁場中で熱処理することにより、鋼材の組織が効果的に微細化され、それに伴い力学特性が有利に改善される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 炭素を0.01～2.0 mass%含有する鋼材を、キュリー点以下の温度において、絶対値で0.1 T/cm以上 10 T/cm以下の勾配のある磁場中において変態させることを特徴とする鋼材の磁場中熱処理方法。

【請求項2】 請求項1において、磁場の強さが1～40 Tであることを特徴とする鋼材の磁場中熱処理方法。

【請求項3】 請求項1または2において、鋼材に $10^{-4}$ 以上の歪みを付与しつつ磁場中処理を行うことを特徴とする鋼材の磁場中熱処理方法。

【請求項4】 請求項1、2または3において、鋼材をプラスの磁場勾配の空間とマイナスの磁場勾配の空間とを逐次移動させることを特徴とする鋼材の磁場中熱処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、鋼材の磁場中熱処理方法に関し、特に製造過程において固相間変態を行う低炭素鋼、中炭素鋼、高炭素鋼、低合金鋼および高合金鋼等について、その熱処理を特異な磁場印加の下に行うことにより、鋼組織の改質ひいてはそれに伴う力学特性の有利な改善を図ろうとするものである。

## 【0002】

【従来の技術】鋼材は、通常の製造条件、すなわち加熱温度：1200～1300℃、熱延仕上げ温度：800～900℃、巻取り温度：400～650℃で製造された場合、一般にその組織は、パーライト、ベーナイト、マルテンサイトなどの相とフェライト相やオーステナイト相との複合組織になっている。この複合組織の微細構造は、鋼材が高温から低温に冷却される過程で生じる相変態に依存することが、はるか以前から知られている。鋼材の強度、延性、靱性および疲労強度などは、一般に、結晶粒が微細であるほど、ホールペッチの経験式に従って向上することが知られているので、鋼材の組成や冷却速度、加工歪み量の組合わせによって複合組織の構成を制御し、また組織を微細にして所定の特性が得られるようにされている。

【0003】しかしながら、温度や加工のパターンを鋼材組成毎に工夫して特性の向上を図るという方法は限界にきており、全く新しい方法が求められている。その方法の一つとして、外場として磁場を印加する方法が考えられる。ソ連のSadovskyら(Fiz. Metal. Metalloved., 12巻(1961)P.302)は、鋼材に磁場を加えるとマルテンサイト変態の温度が上昇し、マルテンサイト量が増加することを実験により明らかにした。この効果のメカニズムは、普通の成分の鋼では、オーステナイト相は非磁性であるのに対し、フェライト相やマルテンサイト相は強磁性であるため、磁場下では磁気的エネルギーの分だけ熱力学的自由エネルギーが小さくなる結果、磁場の印加により、変態の駆動力が高くなって、変態温度が上昇

するということであった。変態開始温度に及ぼす効果は、最近の研究によれば、静磁エネルギーによる効果以外に高磁場帯磁率と強制体積磁歪の効果もあることが明らかにされている(掛下知行他、日本金属学会報 32(1993)P.591)。

【0004】これらの原理的な研究に触発されて、工業用普通炭素鋼に磁場を印加して組織変化を調べる研究も行われている(Pustovoit et al, Metalloved. Term. Obrab. Met. (1979) 22)が、印加磁場が1 T(Tは磁場の強さを表す単位：テスラ)程度と小さく、また磁場印加の詳細が厳密に調べられていないこともあって、判然たる効果とは言いがたく、変態に及ぼす磁場の効果を鋼材の製造プロセスに応用するまでには至っていない。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】この発明は、上述した現状に鑑み開発されたもので、磁場中では変態の駆動力が増大するという熱力学の教えを利用して、組織の微細化とそれに伴う力学特性の有利な改善を可能ならしめた鋼材の磁場中熱処理方法を提案することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】さて、発明者らは、上記の目的を達成するために、低炭素鋼をはじめとして、中炭素鋼、高炭素鋼、低合金鋼、高合金鋼などあらゆる鋼材について、製造工程において固相間変態が起こると予想される温度域で、技術の進歩が最近著しい超電導磁石を用いて強磁場を印加した時の効果について鋭意研究を行ったところ、強磁場効果は、均一磁場中よりも磁場勾配のある不均一磁場においてより効果的に発現することの知見を得た。また、その効果は、鋼材に同時に歪みを与えることによって、一層促進されることも併せて見出した。この発明は、上記の知見に立脚するものである。

【0007】すなわち、この発明の要旨構成は次のとおりである。

1. 炭素を0.01～2.0 mass%含有する鋼材を、キュリー点以下の温度において、絶対値で0.1 T/cm以上 10 T/cm以下の勾配のある磁場中において変態させることを特徴とする鋼材の磁場中熱処理方法(第1発明)。

2. 上記の第1発明において、磁場の強さが1～40 Tであることを特徴とする鋼材の磁場中熱処理方法(第2発明)。

3. 上記の第1または第2発明において、鋼材に $10^{-4}$ 以上の歪みを付与しつつ磁場中処理を行うことを特徴とする鋼材の磁場中熱処理方法(第3発明)。

4. 上記の第1、第2または第3発明において、鋼材をプラスの磁場勾配の空間とマイナスの磁場勾配の空間とを逐次移動させることを特徴とする鋼材の磁場中熱処理方法(第4発明)。

## 【0008】

【発明の実施の形態】以下、この発明の端緒となった実験結果について説明する。

〔実験1〕炭素を0.96mass%含有する工業用工具鋼を、熱間圧延したのち、図1に示す熱処理炉へ装入し、オーステナイト化炉で870℃、5分間の加熱後、最大8Tの磁場を印加しつつ、560℃の鉛浴に2分間浸漬した。その際、磁場勾配として0、1、10T/cmの3水準を設定した。かくして得られた試料の力学特性に関し、ビッカース硬度を測定した結果を図2に示す。同図より明らかなように、磁場勾配が0T/cmの場合にはビッカース硬度の改善効果は見られなかったのに対し、1、10T/cmの磁場勾配を印加した場合にはそれぞれ、印加磁場の大きさに応じてビッカース硬度は上昇した。

【0009】また、図3(a)、(b)にはそれぞれ、磁場勾配が0T/cmおよび1T/cmで処理した試料の走査型電子顕微鏡写真を比較して示したが、1T/cmの磁場勾配を印加した場合には、同図に示すような爆裂的にパーライト変態した箇所が高密度に存在し、これが硬度上昇の原因と推察される。

【0010】前掲図1に示した熱処理炉において、番号1は液体窒素タンク、2は液体窒素の注入口、3は液体ヘリウムタンク、4は液体ヘリウムの注入口、5は真空断熱域、6は室温域、7はオーステナイト化炉、そして8が超電導マグネットであって、この超電導マグネット8で励起される磁場領域中には鉛浴炉9が設けられている。被処理材としての鋼材は、上記熱処理炉の上方から装入され、オーステナイト化炉7で所定温度まで加熱されたのち、磁場領域に導かれ、冷却中または所定の温度（鉛浴中に保持するなどして）で、所定勾配の磁場が印加される仕組みになっている。

【0011】〔実験2〕共析組成のピアノ線材を、大気炉中900℃でオーステナイト化した後、700℃において印加磁場：8T、磁場勾配：1T/cmの磁場中に10分間保持したのち、室温まで冷却した。比較のため、印加磁場は8Tではあるが磁場勾配がほとんどゼロの状態とゼロ磁場の条件で同様の処理を施した試料2種類を作成した。各試料の力学特性をビッカース硬度で測定したところ、それぞれ、420、360、355であり、磁場勾配を付与した条件で強磁場を印加した場合に、特に良好な硬度の上昇効果が認められた。

【0012】〔実験3〕上記〔実験2〕で用いたのと同じピアノ線をオーステナイト化した後、10<sup>-4</sup>の捩り歪みを加えつつ、700℃において印加磁場：8T、磁場勾配：1T/cmの磁場中に10分間保持したのち、室温まで冷却した試料の硬度を、ビッカース硬度で測定したところ、435の値を得た。この実験によって、歪みが存在すると、磁場勾配付き強磁場印加の効果が一層促進されることが判明した。

【0013】〔実験4〕炭素濃度：0.4mass%の鋼材を、オーステナイト組織から冷却する際、磁場の強さが10Tで、磁場勾配がプラス5T/cmの領域を通過させた試料とマイナス5T/cmの領域を通過させた試料の引張り強

度とシャルピー衝撃値について調べたところ、いずれもそれぞれ1.1±0.1GPa、30±2J/cm<sup>2</sup>であり、ゼロ磁場かつゼロ磁場勾配の条件下で製造された試料の測定値0.7±0.1GPa、10±1J/cm<sup>2</sup>よりも大幅に改善されていた。この実験によって、磁場勾配の符号は効果に関係がないことが判り、鋼板や線・棒の連続磁場で熱処理にプラスとマイナスが交互に連続した磁場勾配の設備が可能であると推定された。

【0014】上述したとおり、鋼材の高温からの冷却時に磁場勾配を付した強磁場を付加することにより力学特性を効果的に向上させることができる。なお、このような磁場勾配付き強磁場印加効果は、従来知られてなく、この発明ではじめて発見されたものがある。

【0015】

〔作用〕磁場勾配を付した強磁場を付加することにより力学特性が改善される機構は、まだ明確に解明されたわけではないが、以下のようなモデルで推察することが可能である。すなわち、キュリー温度以下のフェライト相が強磁性になる温度で強磁場を印加すると、主として静磁エネルギーの効果によって自由エネルギーが低下し（C.Zener, Trans AIME, 203 (1955) P.619）、常磁性のオーステナイト相からの変態の駆動力が大きくなる。しかし、変態の核発生点は、転位、粒界、介在物などの格子不整のある場所とされているものの、均一な磁場が印加されて電子系の駆動エネルギーが大きくなっただけでは、変態が促進されるとは限らない。電子系と格子系のカップリングが大きい場合には、磁場によって電子系の自由エネルギーが下がると相変態が誘起されるが、鉄鋼材料ではそうはならないと考えられる。

【0016】磁場勾配の存在が必須である理由については、磁場勾配によって局所的な力が格子不整のある場所に働き、その力が引き金となって、本来もっと低温でアクティブになるはずの格子不整点でも変態が進むと考えられる。また、磁場勾配と同時に応力を付加して歪みを与えることが有効であるのは、歪みによって格子不整点が磁場勾配に対して活性化されたり、格子不整の密度が増加するためとして説明できる。一旦、変態が臨界値を越え、駆動エネルギーが強磁場で大きくなった分だけ、変態は局所的に進行し、ある場合には爆裂的な組織を形成して、強度や靱性に優れた組織を形成すると考える。以上が今の時点でのモデルである。なお、磁場勾配効果の詳細な機構については、将来、ミクロマグネティックな磁気回路計算が不均質組織磁性材料に適用されて解明が進むと期待される。

【0017】次に、この発明において、製造条件を前記の範囲に限定した理由について説明する。まず、この発明において、鋼材中の炭素量を0.01~2.0mass%の範囲に限定した理由は、次のとおりである。炭素は、状態図からみて固相間変態を生じさせるために不可欠だけでなく、熱延組織、冷延組織の均一微細化にも有用な元素

である。その下限量は、鉄-炭素系状態図と窒素などの炭素と等価な効果を持つ不可避不純物元素の存在とを勘案して0.01mass%とした。また上限を2.0 mass%としたのは、その値を超えると初析セメンタイトの生成量が多くなり、鋼材の著しい脆化を招くからである。

【0018】なお、この発明で対象とする鋼材は、炭素量が上記した0.01~2.0 mass%の範囲を満足し、加熱後の冷却時に固相間変態が起こるものでありさえすれば、いずれでも良い。従って、この発明は、低炭素鋼から、中炭素鋼、高炭素鋼、さらには低合金鋼（例えば Ni-Cr-Mo-V 鋼）、高合金鋼（例えばフェライト系ステンレス鋼、マルテンサント系ステンレス鋼）まで、広範囲にわたって適用することができる。

【0019】次に、磁場勾配の大きさを、絶対値で0.1 T/cm以上 10 T/cm以下とした理由は、まず磁場勾配の効果はその絶対値で決まるので、プラス、マイナスのいずれもかまわないが、0.1 T/cm未満では磁場印加の効果が見られず、一方 10 T/cmを超えるとその効果は飽和に達するので、磁場勾配の大きさは0.1 T/cm以上 10 T/cm以下の範囲に限定した。

【0020】磁場を印加する鋼材の温度範囲をキュリー点（770 °C）以下とした理由は、キュリー温度以上では磁気エネルギーの効果が生じないからである。

【0021】また、この発明では、上記した磁場勾配さ\*

\* え付加しておけば、磁場の強さは特に限定されることはないが、磁場の強さが1 T未満では磁気効果が小さく実用的でないので、磁場の強さは1 T以上とするのが好ましい。また、上限については、室温以上の大空間に工業的に発生可能な磁場の強さは40Tが限界と予想される。なお、磁場については、直流磁場でも交流磁場でもいずれでもかまわないが、制御のし易さからは直流磁場の方が好適である。

【0022】さらに、磁場と共に、副次的に鋼材に与える歪み量を $10^{-4}$ 以上とした理由は、それ以下の歪み量では磁場効果の発現を補強する効果が小さいからである。

【0023】

【実施例】

実施例1

表1に示す成分組成になる鋼素材を、熱間加工により1.5~10mm径の鋼線材としたのち、800~400 °Cの温度範囲について表2に示す磁場印加条件下で2~10°C/sの速度で冷却した。かくして得られた鋼線材の引張り強さと伸びについて調べた結果を表2に併記する。なお、表2には、比較のため、均一磁場下やゼロ磁場下で冷却した場合の調査結果も併せて示す。

【0024】

【表1】

鋼 記号	成 分 組 成 (mass%)						
	C	Si	Mn	P	Cr	Mo	N
A	0.005	0.25	0.2	0.012	0.01	0.01	0.0025
B	0.01	0.20	0.3	0.010	0.05	0.05	0.0130
C	0.45	0.15	1.2	0.011	0.2	0.30	0.0045
D	0.79	0.12	1.6	0.012	0.55	0.12	0.0065
E	1.12	0.20	0.3	0.012	1.4	0.11	0.0075
F	2.1	0.30	1.2	0.012	1.1	0.15	0.0010

【0025】

【表2】

No.	鋼 記号	素材直径 (mm)	磁場勾配 (T/cm)	磁 場 (T)	引張強さ (MPa)	伸 び (%)	備 考
1	B	5.5	1.0	5	865	25	第2発明
2	B	2.5	0.8	10	820	25	"
3	C	2.5	10	1	1300	20	"
4	C	10.0	1	12	1230	20	"
5	D	2.5	5	40	1570	20	"
6	D	8.0	0.1	10	1480	20	"
7	D	1.5	10	21	1540	20	"
8	E	5.0	2	10	1830	15	"
9	E	1.5	10	1	1650	15	"
10	E	1.5	10	10	1760	15	"
11	A	3.5	10	10	380	25	比較例
12	A	3.5	0	0	390	25	"
13	B	5.5	0	5	490	15	"
14	B	5.5	0	0	500	15	"
15	C	2.5	10	0.8	950	20	第1発明
16	C	2.5	0	0.8	820	10	比較例
17	C	2.5	0.05	12	830	10	"
18	D	8.0	0	0	870	10	"
19	E	1.5	0	40	930	7	"
20	F	5.0	1	10	磁場中で酸洗	0	"

【0026】表2中、No.1~10は第2発明、また No.15は第1発明の条件を満足する成分組成、磁場勾配および磁場の強さで処理した例であるが、いずれも均一磁場下やゼロ磁場下で処理した場合と比較すると、強度および伸びともに向上している。なお、比較例No.11, 12は、炭素濃度が0.01%より小さいと、磁場印加効果が現れないことを示している。また比較例No.20は、鋼材中の炭素濃度が2.0mass%を超えると脆化をきたし、磁場処理に耐え得ないことを示している。

#### 【0027】実施例2

表3に示す組成の鋼素材を、1000℃以上、1300℃以下の温度に加熱し、仕上げ圧延温度が： $A_{r1}$ 点+100℃～ $A_{r1}$ 点+200℃の条件下で熱間圧延した後、磁場勾配のある強磁場空間を通過させつつ冷却し、400～550℃で巻き取った。ついで、常法に従って酸洗したのち、1パス毎の圧延方向が45°以上異なるように少なくとも2パス

30 以上で合計圧下率が80%以上の冷間圧延を施し、引き続き5℃/s以上の加熱速度で再結晶温度以上、 $A_{c1}$ 点以下の温度に加熱し、その温度範囲に10～300秒間保持したのち、冷却して、超微細な球状セメンタイトがフェライトの微細粒組織に分散した金属組織を有する鋼板を作製した。また、磁場勾配と歪みの複合効果を調べるために、一部の試料については、磁場空間を通過時に鋼板に引っ張り歪みを同時に印加する方法も試みた。

【0028】かくして、得られた鋼板の引張り強度、伸びおよびシャルピー衝撃値について調査した結果を、表4に示す。なお、表4には、比較のため、磁場がゼロである以外は同じ条件で作製した鋼板の調査結果も併せて示す。

【0029】

【表3】

鋼 記号	成 分 組 成 (mass%)								
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Al	N
G	1.35	0.21	0.22	0.009	0.003	0.04	0.44	0.002	0.003
H	0.90	0.20	0.45	0.009	0.004	0.02	0.19	0.002	0.003
I	0.05	0.20	0.20	0.030	0.002	—	16.5	0.002	0.003

【0030】

\* \* 【表4】

No.	鋼 記号	磁場勾配 (T/cm)	磁 場 (T)	印加引張り 歪み ( $\times 10^{-4}$ )	引張強度 (MPa)	伸 び (%)	シャルピー 衝撃値 (J/cm <sup>2</sup> )	備 考
1	G	1	1	0	1950	13	16	第2発明
2	G	0.1	10	0	1840	12	15	"
3	G	2	10	0	2200	14	17	"
4	G	2	10	1	2400	16	18	第3発明
5	G	2	10	10	2450	16	19	"
6	G	0	0	0	1230	5	8	比較例
7	G	0.01	5	0	1260	5	8	"
8	G	1	10	0.5	1970	14	17	第2発明
9	H	1	1	0	1750	18	18	"
10	H	0.1	5	0	1700	17	18	"
11	H	1	5	0	1770	20	17	"
12	H	1	5	1	1800	23	18	第3発明
13	H	1	5	100	1830	23	19	"
14	H	0	0	0	1200	8.0	14	比較例
15	H	1	0.9	0	1400	15	16	第1発明
16	H	1	0.9	1	1510	18	16	第3発明
17	H	0	1.0	0	1210	7.8	13	比較例
18	H	1	5	0.8	1800	20	17	第1発明
19	I	0	0	0	490	20	未調査	比較例
20	I	2	10	0	840	30	"	第2発明
21	I	2	10	10	940	30	"	第3発明

【0031】No.1～8は素材Gについての結果である。No.1もNo.2も磁場勾配と強磁場の両方が存在すると引張強度、伸び、シャルピー衝撃値の3つの機械的特性がバランス良く向上することを示している。No.1とNo.2のデータを詳細に比較すると、特性向上には静磁場の大きさよりも磁場勾配の大きさのほうがより有効であると考えられる。No.3もNo.4も磁場処理による特性向上を示したデータであるが、No.4では磁場と歪みの複合の効果が示されている。No.5は、印加歪みを一桁大きくした場合であり、特性の向上がさらに大きいことが判る。No.6は従来の技術で製造した場合、またNo.7は適正範囲を外れた磁場条件下で製造した場合であるが、No.7ではNo.6に対し、特性の改善はほとんど見られない。No.8は複合印加する歪みの量が $1 \times 10^{-4}$ 未満では複合効果に乏しいことを示している。

【0032】No.9～18は素材Hについての結果、またNo.19～21は素材Iについての結果であるが、両者とも素材Gとほぼ同様な効果を実証している。

#### 【0033】実施例3

C: 0.12mass%、Si: 0.25mass%、Mn: 1.2 mass%、P: 0.005 mass%、S: 0.0035mass%、窒素: 0.004 mass%およびAl: 0.01mass%を含有し、残部は実質的にFeの組成になる厚さ: 20mmの熱間圧延部材を、サブマージドアーク溶接法で接合し、この溶接部を磁場勾配: 2 T/cmでかつ磁場強度が1 Tの磁場中において冷却した。この際、強力な超音波振動によって、溶接部に歪み振幅:  $10^{-4}$ を与えつつ磁場中冷却することを行った。室温まで冷却後に溶接熱影響部から試験片を切り出してシャルピー試験を行い、脆性遷移温度を調べた。比較のため、常法による溶接を行った場合についての脆性遷移温度につ

いても調査した。

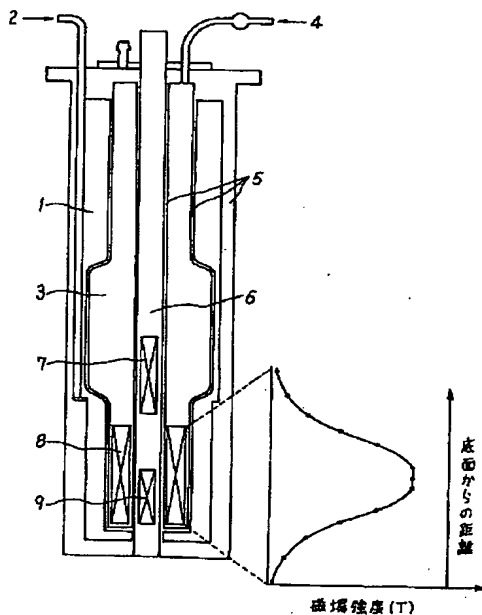
【0034】その結果、常法に従い処理した試験片の脆性遷移温度は $-60^{\circ}\text{C}$ にすぎなかったのに対し、磁場中冷却を行った溶接試験片の脆性遷移温度は $-160^{\circ}\text{C}$ であり、強力超音波を複合印加した場合はさらに改善されて $-190^{\circ}\text{C}$ であった。なお、顕微鏡観察の結果、磁場中冷却により、微細なフェライト組織が形成されていることが確認され、これにより遷移温度が低下したものと考えられる。

#### 【0035】実施例4

厚さ：2mmに熱間圧延した薄鋼板（その組成は表1の鋼Cに同じ）について、2T/cmと $-2\text{ T/cm}$ の磁場勾配が交互に50周期連続する5Tの磁場空間中を連続的に20m/分の速度で通過させた。この時、入側温度は $800\sim 750^{\circ}\text{C}$ で出側温度は $700\sim 600^{\circ}\text{C}$ とした。なお、比較のため、磁場勾配がない均一な5Tの磁場である以外は同じ条件で鋼板を処理した。コイルに巻き取った後、室温で引張り強度と伸びを測定したところ、磁場勾配中で処理した板は、それぞれ1250MPa、20%であったのに対し、磁場勾配がない磁場処理では、820MPa、10%にすぎなかった。この結果から、正負の磁場勾配が交互に連続する強磁場空間の配置を用いた、工業滴規模での磁場勾配下強磁場処理の可能性が現実のものとなった。

\*

【図1】



#### \*【0036】

【発明の効果】かくして、この発明に従い、磁場勾配を付した強磁場中で熱処理を行うことにより、鋼材の組織を有利に改質して、力学特性の格段の向上を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施に用いて好適な熱処理炉の模式図である。

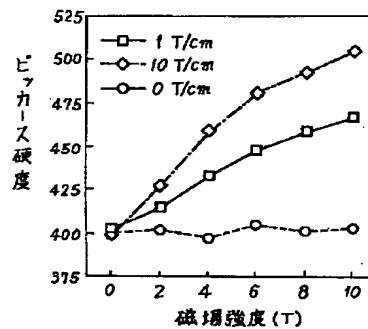
【図2】鋼材のビッカース硬度及ばす磁場勾配の効果を示した図である。

【図3】磁場勾配が0T/cm（図a）および1T/cm（図b）で処理した試料の顕微鏡組織写真である。

【符号の説明】

- 1 液体窒素タンク
- 2 液体窒素の注入口
- 3 液体ヘリウムタンク
- 4 液体ヘリウムの注入口
- 5 真空断熱域
- 6 室温域
- 7 オーステナイト化炉
- 8 超電導マグネット
- 9 鉛浴炉

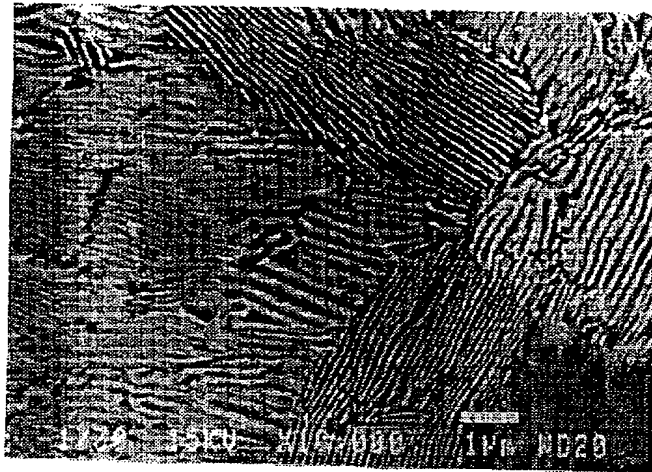
【図2】



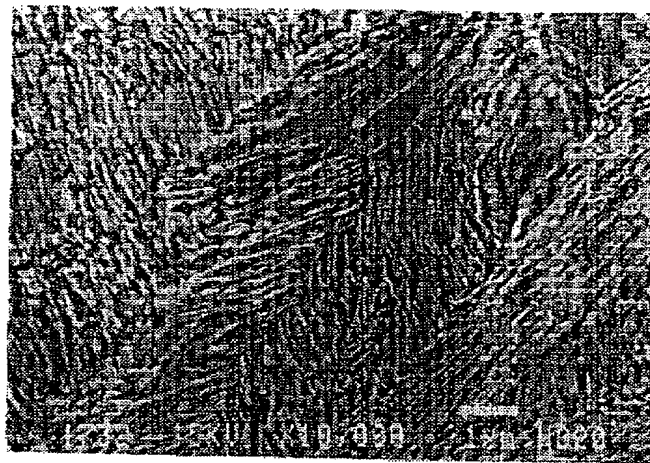


【図3】

図面代用写真



(a)



(b)